

ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE LAMİNASYON TEKNIĞI VE ÖNEMİ

Selman KARAYILMAZLAR¹, Yıldız ÇABUK¹, Ayşe ATMACA², Aysin AŞKIN³

¹ZKÜ Bartın Orman Fak. Orm. End. Müh. Böl., Bartın

²Orman Endüstri Yüksek Mühendisi

³Biga MYO Mobilya Dekorasyon Programı, Biga/Çanakkale

ÖZET

Orman ürünleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, odun lamellerin özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Masif ağaç malzemenin büyük boyutlu ve kavisli elemanlarda tek parça olarak kullanılması, gerek ekonomik ve gerekse teknik açıdan elverişli değildir. Çünkü ağaç malzemede bulunan budak, çatlak, lif düzensizlikleri vb. kusurların tamamen giderilmesi mümkün görülmemektedir. Kavisli elemanların üretiminde masif ağaç malzemenin tek parça olarak kullanılması fire oranını artırdığından ekonomik değildir. Ayrıca eğri forma göre kesilen ağaç malzemede diyagonal liflik oluşacağından direncini olumsuz etkiler. Bu sakıncaların giderilmesi için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Böylece büyük boyutlu ağaç malzemelerden yüksek kalitede ve istenilen şekilde lamine masif ağaç malzeme üretilebilmektedir. Bu çalışmada, lamine ağaç malzemenin üretimi, teknolojisi ve önemi üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Orman ürünleri endüstrisi, Laminasyon

LAMINATION TECHNIQUE AND ITS IMPORTANCE IN LUMBER INDUSTRY

ABSTRACT

Laminated wood materials, having increasingly been found a very large usage areas nowadays, can be described as structural material made by bonding wooden layers or veneers in parallel to grain direction. It is not an easy and economical way to use solid wood materials as one piece in large or curved parts. Because, it is not possible to remove all of the defects which can be knots, checks and abnormalities in grain orientations. Using one wooden piece in curved parts is not economical because this increases the loss of wood material and also this decreases the strength because of having fibers being cut in diagonal direction. In order to eliminate this, lamination technique has been used. Thus, it can be possible to manufacture high quality laminated wooden materials with desired shape and dimensions. In this paper, the manufacture, technology and importance of laminated wooden materials were discussed.

Keywords: Lumber industry, Lamination.

1. GİRİŞ

Ağaç hayat kaynaklarımızın vesilesidir. Güzelliğin, bereketin timsali, tarihin şahidi, sanatın ilham kaynağı, birçok canlının yuvası, toprağın tutanağıdır. Kısacası ağaç, her şekliyle ayrı faydalanabileceğimiz bir mucizedir. Tarihin ilk çağlarından beri insanlar tarafından kullanılan bu doğal hammadde kaynağı, endüstriyel gelişmeye

bağlı olarak, olumsuz etkilenmiş ve yok olmaya yüz tutmuştur. Böylece, geçen yüzyılda bol bulunan odun hammaddesi, bu yüzyılın sonuna doğru kıt bulunur olmaya başlamıştır. Ağaç malzemenin fiyatının artması ile onun yerine, ondan daha ucuz, daha dayanıklı olan, ve desen çeşitliliği gibi nedenlerle lamine ağaç malzeme kullanılmaya başlanmış, piyasada önemli bir yer tutmuştur.

1906 tarihi, İngiliz Otto Hetzer'in İsviçre'de laminasyonlu ahşap kirişlerle (LAK) gerçekleştirdiği oditoryum yapısı, ahşabın yapıda kullanım sürecinde bir dönüm noktası olmuştur. Ahşabın endüstriyel ortamda yeniden üretimi ile elde edilen ürün ve bu ürünle geliştirilen karkaslar, portaller, tonoz, kubbe ve geodesik yapılar, giderek yeni bir yapım teknolojisi doğurmuştur.

ABD ve Kanada' da yapılan yeni yatırımlar ve bilimsel araştırmaların, özellikle tutkal sanayiindeki gelişmelerin sonucunda laminasyonlu ahşap kiriş, II. Dünya Savaşı'ndan sonra çağdaş bir yapım tekniği olarak tartışılmaz bir konuma ulaşmıştır. Bu teknolojiye ladin ve karaçam ağaç türleri kullanılmaktadır.

2. LAMİNASYON TEKNİĞİ

Glued Laminated Timber (Glulam), laminasyon tekniği ile yapıştırılmış ağaç malzeme ya da tabakalanmış ağaç malzeme olarak adlandırılabilir. İngiltere (BS4169) (1) ve ABD (2) standartlarına göre lamine ağaç malzeme parçalarının düz ya da eğri şekilde dört yada daha fazla tabakanın boyuna eksenine paralel olarak düzenlenmesiyle elde edilen bir üründür.

Laminasyon tekniği ağaç malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemedenden daha iyi olmaktadır. Sağlam parçalardan elde edilen lamine ağaç malzeme, kusursuz olması yanında lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemelerden oluşturulduğu için estetik değeri de yüksektir (3).

Laminasyonda, farklı ağaç türü, değişken kat sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir. Ahşap lamine elemanlar kullanılan kat kalınlıklarına göre farklı şekilde adlandırılmaktadırlar. İnşaat sektöründe kullanılan büyük boyutlu lamine ahşabın (kiriş, kolon, kemer vb.) üretiminde 25.4 mm ile 50.8 mm arasındaki kalınlıklarda masif ağaç malzeme kullanılmakta ve bu özelliklerdeki lamine ağaç malzeme "GLULAM" (Glued Laminated Timber) ya da "MICROLAM" olarak adlandırılmaktadır (4).

Lamine elemanın üretiminde kullanılacak olan ağaç malzemenin rutubet miktarı, son ürünün kullanılacağı ortama göre belirlenmektedir. Eğer lamine eleman açık ortamda kullanılacak ise ağaç malzeme rutubeti %16-19, kuru ortamda kullanılacak ise %16'yı aşmamalıdır. Yaş ortamda kullanılacak lamine elemanın direnç değerlerinin hesaplanmasında düzeltme katsayısı devreye girmektedir. Bununla ilgili düzeltme katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Lamine eleman ıslak kullanım faktörü

Direnç Tipleri	Islak Kullanım Faktörü
Eğilme	0,80
Liflere Paralel Basınç	0,73
Liflere Paralel Çekme	0,80
E-Modülü	0,833
Yatay Makaslama	0,875
Liflere Dik Basınç	0,667
Lifler Dik Çekme	0,875

Lamine doğrama yönteminde uygulanacak olan tek bir kat kalınlığı 15 mm'yi geçmemelidir (5). Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı % 4-5' den fazla olmamalıdır. Yapıştırılan ağaç malzemelerdeki rutubet farkları %5'i aşmamalıdır. Eğer yapıştırılmış tabakalar arasında fazla rutubet farkı var ise, tutkallama ve kullanım yeri rutubet değişimi ile eşit olmayan rutubet azalmaları ortaya çıkmakta, bu nedenle oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aştığında çatlamalar meydana gelmektedir.

Eğilme kuvvetlerine maruz kalan büyük boyutlu lamine elemanlarda kalınlık 30,5 cm, dayanak noktaları arasında kalan açıklığın kalınlığa oranı 21 olmalıdır. Eğer bu oran 21'den az ya da fazla ise eğilme direncinin hesaplanmasında boyut etkisi düzeltme faktörü, Tablo 2' deki değerlerden yararlanarak bulunabilir.

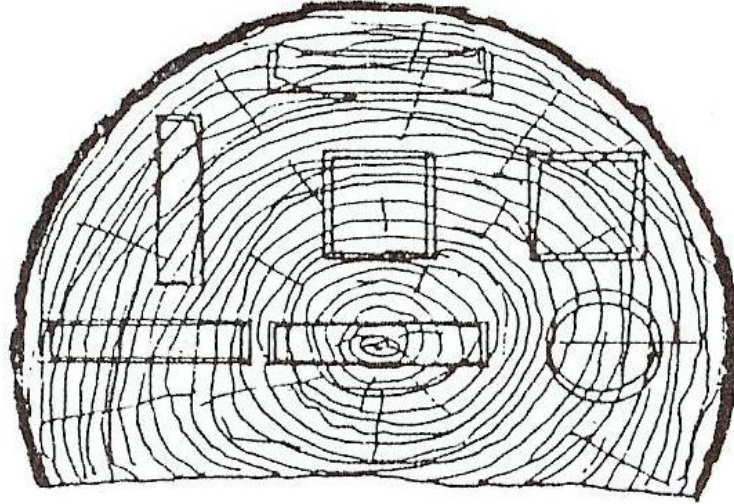
Tablo 2. Açıklığın kalınlığa oranına göre boyut etkisi düzeltme faktörü

Açıklığın Kalınlığa Oranı	Düzeltilme Faktörü
7	1.06
14	1.02
21	1.00
28	0.98
35	0.97

Kavisli elemanlar da lamine katların kırılmadan bükülebilmesi için t/R oranı; yumuşak ağaçlar için 1/100'den, sert ağaçlar için 1/125'ten fazla olmamalıdır. Burada, "t" bir tek kelime kat kalınlığı, "R" kavis yarıçapıdır.

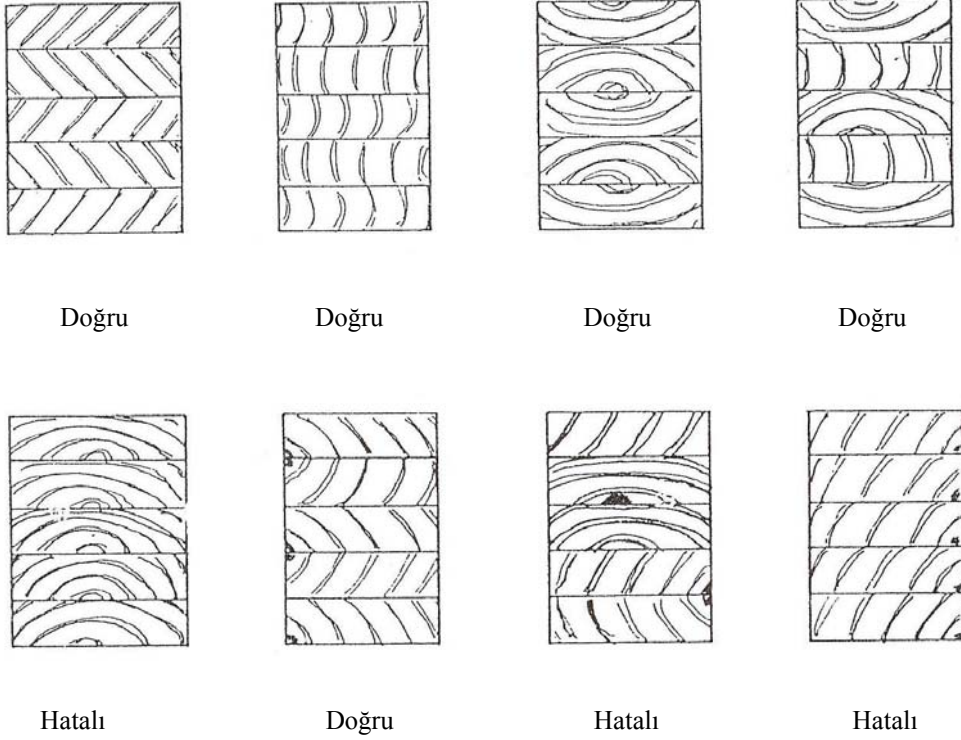
3. LAMİNASYONDA KATLARIN DÜZELTİLMESİ

Bir ağaç tomruğunun değişik yerlerinden alınan ağaç malzeme, farklı şekillerde ve oranda çalışmaktadır. Ağaç malzeme hacimsel bakımından %11, boyuna yönde %0,1-0,3, teğet yönde %7 ve radyal yönde %4,5-5 oranında çalışmaktadır. Bir ağaç tomruğunun değişik yerlerinden kesilen parçaların çalışma şekilleri Şekil 1'de görüldüğü gibidir (6).



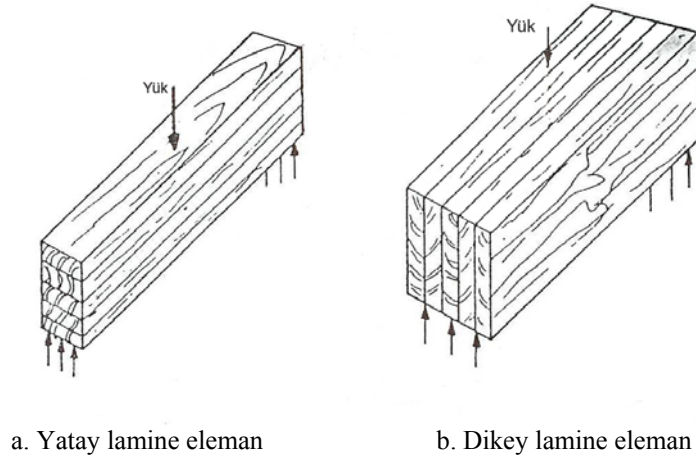
Şekil 1. Ağaç malzeme çalışma şekilleri

Ağaç malzeme, bünyesinde bulunan suyun kuruma anında ortama verilmesi ya da bulunduğu ortamdaki havadan bünyesine rutubet alması ile boyutsal şekil değişimine uğramakta, bu da lamine edilmiş ağaç malzemede iç gerilmelere neden olmaktadır. Eğer lamine katların düzenlenmesinde, bu iç gerilmeleri dengeleyecek şekilde kat düzenlemesi yapılmaz ise bitmiş üründe düzeltilmesi imkansız olan şekil bozulmaları ve çatlamlar meydana gelecektir (7). Lamine edilmiş ağaç malzemelerde biçim değişimleri oluşmaması için lamine katların düzenlenmesinde, yıllık halkaların konumuna dikkat etmek gerekmektedir. Bunun sebebi, ağaç malzemenin yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde farklı çalışmasıdır (8). Laminasyonda katların yıllık halka durumuna göre düzenlenmesi Şekil 2'de verilmiştir (7).



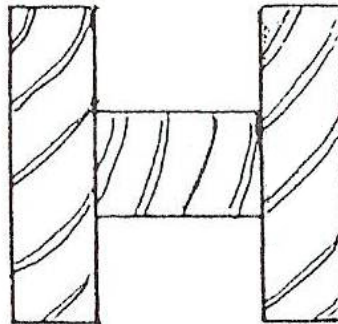
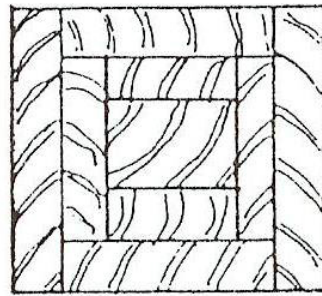
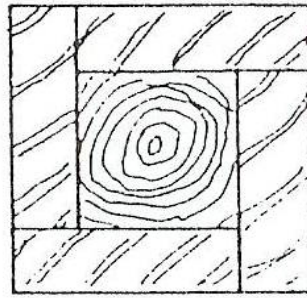
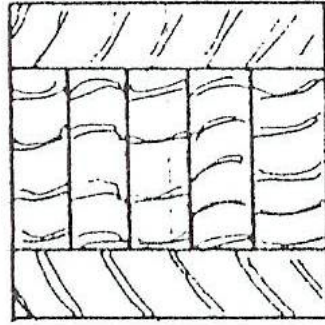
Şekil 2. Laminasyonda katların düzenlenmesi

Eğilme kuvvetinin etkisinde kalan lamine elemanlar (kirişler), uygulanan yükün yönüne göre yatay lamine elemanlar ve dikey lamine elemanlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (9). Yük tutkal hattına dik uygulandığında yatay, yük tutkal hattına paralel olarak uygulandığında dikey lamine eleman olarak adlandırılmaktadır. Şekil 3’de yatay ve dikey lamine elemanlar görülmektedir.



Şekil 3. Yatay ve dikey lamine elemanlar

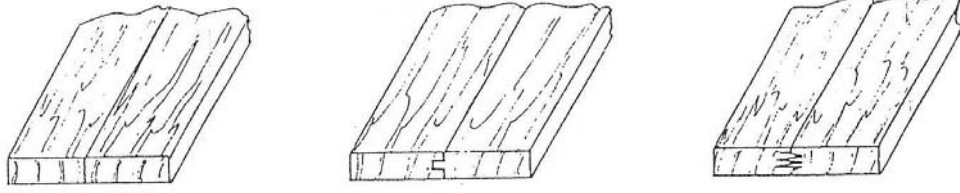
Liflere paralel basınç yüküne maruz kalan lamine elemanlarda (kolon) katların düzenlenmesi Şekil 4’de görüldüğü gibi karışık olarak da düzenlenmektedir.



Şekil 4. Liflere paralel basınç yüküne maruz kalan lamine elemanlarda katların karışık düzenlenmesi

4. LAMİNASYONDA UYGULANAN EN VE BOY BİRLEŞTİRMELER

Kullanılan ağaç malzemenin fire oranını azaltmak ve kusurlarından arındırmak için lamine elemanı oluşturan katlarda en ve boy birleştirme yapılması zorunluluğu vardır. En yönünde yapılan birleştirmeler, Şekil 5’ de görüldüğü gibi düz en birleştirme, kırıklı en birleştirme ve kama dişli birleştirme şeklinde yapılmaktadır.



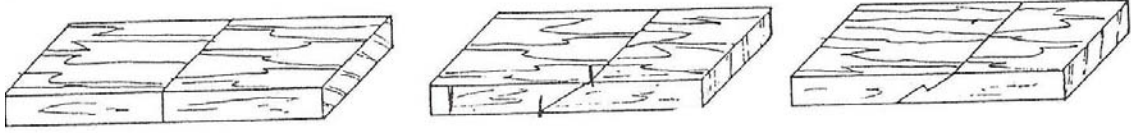
Düz birleştirme

Kırıklı birleştirme

Kama dişli birleştirme

Şekil 5. En birleştirmeler

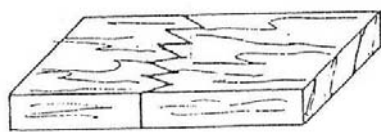
Boy yönünde yapılan birleştirmeler Şekil 6’ de görüldüğü gibi düz boy birleştirme, pahlı boy birleştirme şeklinde yapılmaktadır. Seri üretime uygunluğundan dolayı, pratikte en çok uygulama alanı bulan kama dişli birleştirme tipidir (10). Pahlı boy birleştirmelerde, boyunun parça kalınlığının 8-12 katlı olması durumunda en yüksek verimin elde edileceği belirtilmiştir. Birleştirme boyunun parça kalınlığı oranına göre birleştirme verimi Tablo 3’ de verilmiştir.



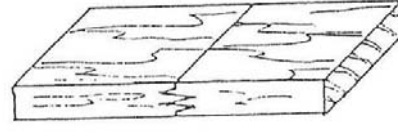
Düz birleştirme

Pahlı birleştirme

Pahlı kademeli birleştirme



Dikey kama dişli birleştirme



Yatay kama dişli birleştirme

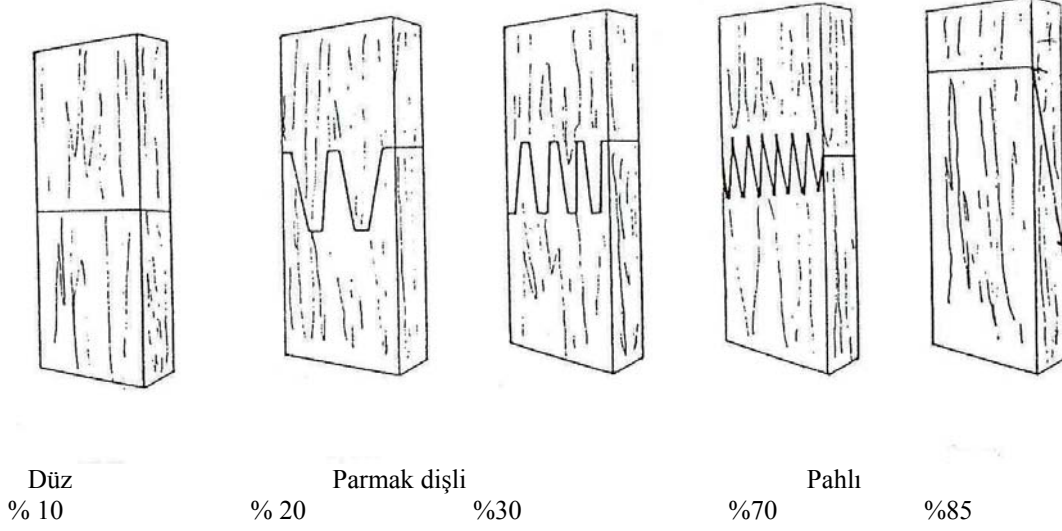
Şekil 6. Boy birleştirmeler

Tablo 3. Pahlı birleştirmede birleştirme verimi

Birleştirme Boyu	Verim (%)
12	90
10	85
8	80
5	65

Doğrama imalatında kullanılan kama dişli birleştirmelerde diş boyu 10-20 mm, taşıyıcı elemanların imalatında ise 20-30 mm uzunluktadır. Bu durumda zayıflama direnci azaltmakta, odun kaybı minimuma inmektedir (11).

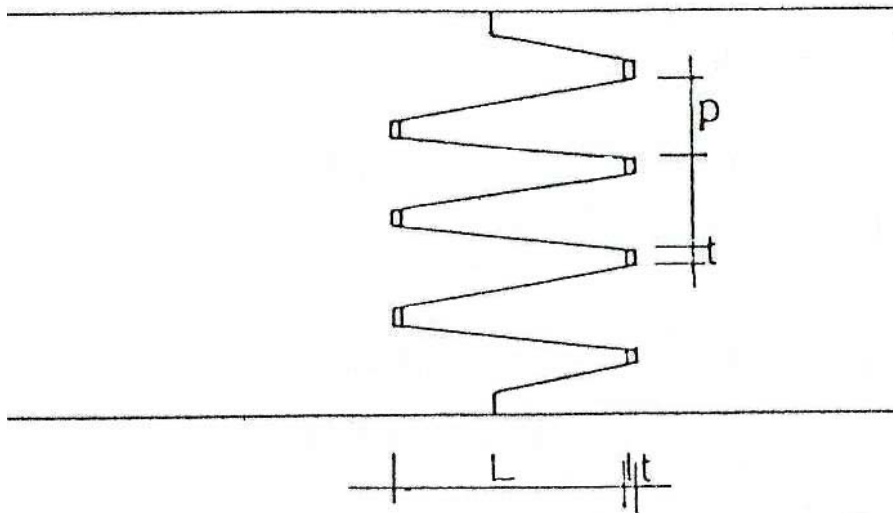
Basınç yüküne maruz kalan boy birleştirmelerde en yüksek verim, birleştirme boyunun mümkün olduğunca uzun yapıldığı pahlı birleştirmede elde edilmektedir. Şekil 7' de değişik birleştirme şekillerinde yük taşıma yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 7. Boy birleştirmenin yük taşıma yüzdeleri

Kama dişli birleştirmenin taşıma kabiliyeti kullanılan malzemenin kalitesine, tutkallama tekniğine, diş açlarına, diş ucundaki boşluğa ve tüm birleşmenin enine kesitine bağlıdır (12). Kama dişli birleştirme Şekil 8'de görülmektedir.

BS 5268'de diş boyu (L), diş ucu genişliği (T) ve diş dibi genişliğine (P) göre eğilmede gerilmede ve basınçta kama dişli birleştirme randımanları Tablo 4' de verildiği gibidir.



Şekil 8. Kama dişli birleştirme

Tablo 4. Kama dişli birleştirme profiline göre randıman

Diş Profili (mm)			Eğilmede (%)	Liflere Paralel Basınçta (%)
L	P	t	Çekmede (%)	
50	12	2	75	83
32	6,2	0,5	75	92
20	6,2	1	65	84
15	3,8	0,5	75	87
12.5	4	0,7	65	82
12.5	3	0,5	65	83
10	3,7	0,6	65	84
10	3,8	0,6	65	84
7.5	2,5	0,2	65	92

5. SONUÇLAR

Lamine ahşap malzemelerin laminasyon yöntemiyle üretilmesinde; Ahşabın tutkallanmaya hazırlanması ve tutkallanmasından dolayı son ürün üzerinde ek bir işçilik maliyeti getirmektedir. Tabakalı ağaç malzemenin direnci ve en-boy birleştirmede yapıştırımda kullanılan tutkalın kalitesine bağlılık söz konusudur. Yüksek dayanımlı tutkalların fiyatlarının fazla olması da ek bir maliyet getirmektedir. Tabakalı ağaç malzeme üretimi için fabrika binasının özel planda yapılması, özel ekipmanlar gerektirmesi ve kalifiye işçiye olan ihtiyaç fazla olmaktadır. Yüksek kaliteli tabakalı ağaç malzemenin üretilmesi, imalatın bütün aşamalarında yapılan işlemlerin özenle ve dikkatli bir şekilde yapılmasıyla mümkün olabilmektedir. Büyük boyutlu kavisli taşıyıcı elemanların nakliyesi sırasında büyük güçlüklerle karşılaşmakta, lamine edilecek ağaç malzemenin belirli sonuç rutubetine kadar kurutulması gerektiğinden kurutma tesisi ve ek bir işçilik maliyeti gerektirmektedir. Lamine ahşap malzemelerin bu vb bazı dezavantajlarının bulunması yanında aşağıda belirtilen avantajlarından dolayı gelecekte kereste endüstrisinde lamine ağaç malzemelerin kullanımının artacağı açıkça gözükmektedir. Kereste üretiminde laminasyonun avantajları:

- Masif ağaç malzemenin üretilen yapı malzemelerinin boyutları sınırlıdır. Oysa laminasyon sistemi ile daha büyük boyutlu ürünlerde elde etmek mümkündür.
- Gerek mimaride gerekse iç dekorasyonda istenilen stilde ve sınırsız formlarda çalışma imkanı sağlamaktadır.
- Yapısal elemanların tasarımında, yüke bağlı olarak kesit alanında farklılık yapmak mümkündür. Örneğin; kavisli elemanlarda yükün geldiği yerde (kritik kesitte) daha büyük boyut uygulanabilmektedir.
- En ve boy birleştirme yüklerinin uygulanması ile çok küçük boyutlardaki (minimum 20 cm) ağaç malzemenin kullanımına imkan sağladığından, zayıf oranı azaltmaktadır. Ayrıca masif malzeme, bünyesindeki kusurlarından (budak, çatlak, kurt yeniği, lif kıvrıklığı, çürüklük, reaksiyon odunu, sulama vb.) arındırılarak değerlendirilebilir.
- Aynı ahşap lamine eleman üzerinde çeşitli katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemenin kullanımına imkan sağladığından daha fazla estetik oluşum temin edilebilir.
- Tabakalı ağaç malzeme, aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır (şişme-daralma). Buna neden olarak laminasyonda ağaç malzemenin katları arasında kullanılan tutkalın su itici özelliği gösterilebilir. Bunun sonucu tabakalı ağaç malzeme, aynı cins masif malzemeye nazaran boyutsal bakımdan daha stabildir.
- Geniş ve tek açıklıklı yapılarda kubbe, piramit, tonoz vb. geometrik strüktür oluşturulmasına imkan sağlamaktadır.
- Kolon, kiriş, kemer, makas ve aşık gibi parçalar üretilmekte, birleşmeleri için gerekli tüm detaylar ve metal aksesuarlar fabrikada tamamlanabilmektedir.

Sonuç olarak, laminasyon tekniğinin avantajlarında göz önüne alındığında ülkemizde de yaygınlaştırılması zorunluluk haline gelmiştir. Böylece, lamine keresteler her türlü ahşap ev yapımı, çatı inşaatı, doğrama sanayi ve kerestenin kullanıldığı diğer alanlarda değerlendirilebilecektir. Bununla beraber, laminasyonlu kerestenin olumsuz özelliklerinden odun kusurları bertaraf edilmekte ve odunun çalışması daha kararlı hale getirilmektedir.

Lamine kereste üretiminin en önemli avantajı ise küçük boyutlu ve düşük değerdeki ağaç malzemelerden büyük boyutlu ve mekanik özellikleri yüksek ürünler elde edilebilmesidir.

KAYNAKLAR

1. Anonim 1989. Glued Laminated Timber Association, Specifier's Guide to Glued Laminated Structural Timber, London.
2. ASTM 1984. Standart Method for Establishing Stresses for Structural Glued Laminated Timber, American Society for Testing and Material, D37, Philadelphia.
3. Keskin, H. ve Togay, A. 2004. Lamine Edilmiş Karaçam Odununda Kesiliş Yönünün Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastiklik Modülüne Etkileri, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı:14, ss. 13-25.
4. Hoyle, A. and Woste, B. 1989. Handbook Of Wood And Wood Based Materials, USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, USA.
5. Baird, O. 1998. HK-Holz und Kunststoffe Verarbeitung, 6/1998 s. 26-28, Germany.
6. Tokyay, V. 2007. Tutkallı Tabakalanmış Ağaç Teknolojisi Nedir? (www.oranmimarlık.com.tr)
7. Şenay, A. 1996. Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Özellikleri, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. Bozkurt, Y. ve Göker, Y. 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜ Orman Fak. Yayını, No: 3445, İstanbul.
9. Bozkurt, Y., Parlar K. ve Erdin, S. 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜ, Yayın No: 3445, O.F. Yayın No: 388, İstanbul.
10. Göker, Y. 1994. Ahşap Malzemenin Özellikleri, Ahşap Dergisi, Sayı:4, İstanbul.
11. Berkel, A. 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi, Cilt:1, İÜ Yayın No: 1448, Orman Fakültesi, Yayın No: 147, İstanbul.
12. Çolakoğlu, G. 2001. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Notu, KTÜ, Orman Fakültesi.